



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 13 208 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 05 B 37/02**  
// F21Y 101:02

②① Aktenzeichen: 100 13 208.1  
②② Anmeldetag: 17. 3. 2000  
④③ Offenlegungstag: 20. 9. 2001

⑦① Anmelder:  
Tridonic Bauelemente GmbH, Dornbirn, AT

⑦④ Vertreter:  
Mitscherlich & Partner, Patent- und Rechtsanwälte,  
80331 München

⑦② Erfinder:  
Ludorf, Werner, Dr., Hörbranz, AT

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **Ansteuerung von Leuchtdioden (LED's)**

⑤⑦ Bei Konstantstromquellen KSK mit Operationsverstärkern OP zum Betrieb von LED-Arrays können in den Ausschaltphasen  $T_{\text{off}}$  der steuernden PWM-Signale, die zum Dimmen der LED-Array variiert werden, bedingt durch Offsetspannungen des Operationsverstärkers OP Restströme durch die LED-Arrays auftreten. Dies ist insbesondere in unteren Dimmbereichen nachteilig. Daher wird auf der Rückkopplungsseite des Transistors Q1 der Konstantstromquelle KSK das Potential über die potentiell auftretende Offsetspannung des Operationsverstärkers OP angehoben. Darüberhinaus kann in der Rückkopplungsseite an Ansteuerschaltungen mit Konstantstromquellen, die Transistoren Q1 aufweisen, eine Leuchtdiode verwendet werden, die wenigstens teilweise den Stromdetektor-Widerstand R3 ersetzt.

DE 100 13 208 A 1

DE 100 13 208 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Ansteuerschaltung für wenigstens eine Leuchtdiode.

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet von Leuchtdioden (LED's) und – genauer gesagt – auf das Gebiet der Verwendung von derartigen LEDs zu Beleuchtungszwecken. Obwohl die Verwendung von LEDs für Anzeige (Display)-Anwendungen seit langem bekannt ist, hat sich die Verwendung dieser Leuchtdioden für Beleuchtungszwecke erst in letzter Zeit entwickelt. Der Grund dafür ist u. a., daß die Ausbeute (Lichtleistung pro Watt) erst in letzter Zeit derartige Werte erreicht hat, daß der Wirkungsgrad von LED-Beleuchtungseinrichtungen zufriedenstellend ist. Insbesondere die für die Erzeugung vonweissem Licht notwendigen blauen LED's haben erst in letzter Zeit einen befriedigenden Wirkungsgrad erreicht.

Die Verwendung von LEDs zu Beleuchtungszwecken, insbesondere in einer Matrixanordnung, um somit einen Art Strahler zu bilden, ist beispielsweise aus dem US-Patent US-A-6 016 038 bekannt.

Fig. 5 zeigt eine Ansteuerschaltung, wie sie in Produkten vorliegt, die von der Firma Colour Kinetics vertrieben werden und die im wesentlichen dem genannten US-Patent entsprechen.

Die Leuchtdiode LED wird dabei mit einer Konstantstromquelle KSQ angesteuert. Die Konstantstromquelle weist einen Bipolartransistor auf, wobei die Leuchtdiode LED mit dem Kollektor eines NPN-Transistors verbunden ist. Der Emitter des Transistors Q1 der Konstantstromquelle KSQ ist mittels eines Ohmschen Widerstands R2 mit Masse verbunden und über die PWM-Schaltung zur Regelung des Stroms zum Steueranschluß des Transistors Q1 zurückgekoppelt. Der NPN-Transistor stellt einen schaltbaren Stromabfluß (auch als Stromsenke oder auf Englisch "current sink" bezeichnet) dar. Mittels des Ohmschen Widerstandes R2 wird der Diodenstrom erfaßt und mittels Änderung der Basisspannung auf einen Sollwert geregelt.

Wie in Fig. 5 ersichtlich und insbesondere auch aus der US-A-6 016 038 bekannt, wird zum Dimmen der Leuchtdiode LED ein Impulsbreitenmoduliertes (PWM) Signal an den Basisanschluß des Transistors Q1 gelegt. Der Vorteil des PWM-Signals ist, daß die Leuchtdiode LED, die Änderungen des Stromflusses praktisch instantan umsetzt, entweder voll oder gar nicht angesteuert ist. In diesen Zuständen ist der Wirkungsgrad deutlich größer im Vergleich zu Zwischenwerten, in denen ein Diodenstrom zwischen Null und maximalem Stromfluß durch die Leuchtdiode LED fließt. Zum Dimmen, das durch ein externes Steuersignal an einer PWM-Steuerschaltung vorgegeben wird, wird gemäß dem genannten US-Patent das Tastverhältnis des PWM-Signals an dem NPN-Transistor Q1 (bei konstanter Frequenz) verändert. Durch Erhöhung der Totzeiten des PWM-Signals wird die für das menschliche Auge wahrnehmbare Leuchtkraft der LED gedimmt.

Allgemein besteht bei der Verwendung von LEDs zu Beleuchtungszwecken das Problem hoher Wärmeentwicklung, da die LEDs und die zugehörigen Ansteuerschaltungen (Konstantstromquelle etc.) sehr dicht in die Matrixanordnungen gepackt werden müssen, um eine ausreichende Leuchtkraft zu erreichen. Ein Problem stellt dabei auch die Wärmeentwicklung an dem Stromfühler-Meßwiderstand R2 dar, der emitterseitig in die Gegenkopplung der Konstantstromquelle geschaltet ist.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Ansteuerschaltung für Leuchtdioden mit Konstantstromquellen auf der Rückkopplungsseite des Transistors der Konstantstromquelle zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 6 gelöst, die jeweils effizienzsteigernde Maßnahmen auf der Rückkopplungsseite des Transistors vorschlagen.

Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist also eine Ansteuerschaltung für wenigstens eine Leuchtdiode vorgesehen, die eine Konstantstromquelle aufweist. Die Konstantstromquelle weist einen Operationsverstärker auf, dessen Ausgang mit dem Steueranschluß eines (externen) Transistors verbunden ist. Die Leuchtdiode ist mit einem ersten ausgangsseitigen Anschluß des Transistors in Serie geschaltet. Ein zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors ist zu dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers zurückgekoppelt. Erfindungsgemäß ist auf der Rückkopplungsseite des Transistors ein Bauteil vorgesehen, daß das Potential der Rückkopplungsseite des Transistors wenigstens um den Wert einer Offsetspannung des Operationsverstärkers anhebt, wenn durch die Leuchtdiode kein bzw. nur ein infinitesimaler Strom fließt.

Selbstverständlich ist durch diese Definition auch ein Bauteil umfaßt, daß das Potential auf der Rückkopplungsseite des Transistors immer um einen vorbestimmten Wert größer oder gleich der Offsetspannung des Operationsverstärkers anhebt. Ein solches Bauteil ist typischerweise eine Spannungsquelle.

Alternativ kann das Bauteil auf der Rückkopplungsseite eine weitere Diode und insbesondere eine Leuchtdiode sein, die dem Spannungsabfall und den Stromfluß in eine weitere Lichtleistung umsetzt. Vorteilhafterweise ist die Leuchtdiode auf der Rückkopplungsseite eine rote Leuchtdiode, da die Flußspannung von roten Leuchtdioden niedriger ist als die von grünen oder blauen Leuchtdioden.

Das genannte Bauteil kann in Serie zu einem Ohmschen Widerstand geschaltet sein. Der Ohmsche Widerstand sorgt für einen gewissen Linearanteil der Rückkopplungsseite. Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Ansteuerschaltung für eine Leuchtdiode vorgesehen, die eine Konstantstromquelle mit einem Transistor aufweist. Die Leuchtdiode ist in Serie zu einem ersten ausgangsseitigen Anschluß des Transistors geschaltet. Ein zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors ist dem Steueranschluß (Basis bzw. Gate) des Transistors zurückgekoppelt. Auf der Rückkopplungsseite des Transistors ist eine weitere Leuchtdiode vorgesehen.

Diese weitere Leuchtdiode kann insbesondere in Serie zu einem Ohmschen Widerstand geschaltet sein. Vorteilhafterweise ist die weitere Leuchtdiode eine rote Leuchtdiode, deren Vorteile bereits oben erläutert wurden. Der Transistor kann ein Bipolartransistor sein. An dem Steueranschluß des Transistors können insbesondere Impulsbreitenmodulierte Spannungssignale angelegt werden. Das Dimmen der wenigstens einen Leuchtdiode erfolgt dann durch eine Änderung des Tastverhältnisses und/oder der Frequenz der Impulsbreitenmodulierten (PWM) Spannungssignale an dem Steueranschluß des Transistors.

Weitere Vorteile, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und Bezug nehmend auf die begleitenden Figuren der anliegenden Zeichnungen näher ersichtlich.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Ansteuerschaltung für ein LED-Array mit Leuchtdioden (LED's) verschiedener Farben (R, G, B).

Fig. 2 zeigt eine Ansteuerschaltung gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung, bei dem auf der Rückkopplungsseite der Konstantstromquelle eine Verbesserung vorgenommen wurde, die Vorteile beim Dimmen bringt.

Fig. 3 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels

von Fig. 2.

Fig. 4 zeigt eine Ansteuerschaltung gemäß einem noch weiteren Aspekt der Erfindung, und

Fig. 5 zeigt eine Ansteuerschaltung für eine Leuchtdiode gemäß dem Stand der Technik.

Bezug nehmend auf Fig. 1 soll zuerst ein allgemeine Ansicht einer Ansteuerschaltung für LED-Arrays, d. h. genauer gesagt, von Arrays mit Leuchtdioden verschiedener Farben (R, G, B) erläutert werden. Ein AC/DC-Konverter stellt eine im wesentlichen geregelte Ausgangsspannung  $V$  bereit. Im ersten Ausführungsbeispiel von Fig. 1 ist für jede der verschiedenen Farben an LEDs (R, G, B) eine Konstantstromquelle KSQ\_R, KSQ\_G, KSQ\_B vorgesehen, die von einer PWM (Impulsbreitenmodulation)-Steuerschaltung PWM\_R, PWM\_G bzw. PWM\_B angesteuert werden. Es ist auch möglich, eine Konstantstromquelle für LED-Arrays verschiedener Farben bereitzustellen. Den PWM-Steuerschaltungen PWM\_R, PWM\_G, PWM\_B wird ein externes Steuersignal, beispielsweise von einem Bus her zugeführt, das Dimmstellungen für die verschiedenen LED-Arrays LED\_R, LED\_G bzw. LED\_B vorgibt.

Fig. 2 zeigt eine Ansteuerschaltung für wenigstens eine LED1, die einen Operationsverstärker OP verwendet.

Der Stromfluß durch die Leuchtdiode LED1 entspricht dem Stromfluß durch den Emittierwiderstand R3.

Der Ausgang des Operationsverstärkers OP ist mit dem Steueranschluß des externen Transistors Q1 verbunden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Ausgang des Operationsverstärkers mit der Basis eines NPN-Bipolartransistors Q1 verbunden. Durch die Rückkopplung liegt an dem Emittierwiderstand R3 die Spannungsdifferenz  $V_C - V_{EIN}$  an, so daß der Strom durch den Widerstand R3 und somit durch die Leuchtdiode LED1 (der Basisstrom ist vernachlässigbar klein)

$$I = (V_C - V_{EIN}) / R3$$

beträgt.

Das Potential der Gegenkopplungsseite des Transistors Q1 ist durch eine Konstantstromquelle  $V_C$  angehoben. Die Potentialanhebung ist dabei wenigstens so groß wie eine durchschnittliche Offsetspannung, wie sie bei Operationsverstärkern typischerweise auftritt und liegt daher im Bereich von wenigstens etwa 2 mV.

Die Schaltung von Fig. 2 hat folgende Vorteile beim Dimmen der Leuchtdiode LED mittels Impulsbreitenmodulierter Signale (PWM-Signale):

Wenn die Konstantstromquelle  $V_C$  auf der Gegenkopplungsseite des Transistors nicht vorgesehen sein würde, könnte in der Ausschalzeit der PWM-Signale (in denen  $V_{EIN} = 0$  ist) eine Offsetspannung an den Steueranschluß (Basis des Transistors Q1) anliegen. Somit wäre der Transistor Q1, wenn auch nur sehr gering, leitend und ein geringer Strom würde auch in diesen Ausschalphasen durch die Leuchtdiode LED1 fließen. Somit wäre die Leuchtdiode LED1 auch in den Ausschalphasen unbeabsichtigterweise nicht ausgeschaltet. Im Ergebnis lassen sich durch die Offsetspannung somit nicht unbegrenzt kleine Dimmstufen erreichen, da die Offsetspannung ohne Vorsehen der Konstantstromquelle  $V_C$  immer für einen kleinen Stromfluß durch die Leuchtdiode LED1 sorgt.

Mittels der Konstantstromquelle  $V_C$  auf der Gegenkopplungsseite (Emittierseite) des Transistors Q1 wird das Potential auf der Gegenkopplungs (Emittier-)seite des Transistors Q1 auf ein höheres Potential als das Potential des Steueranschlusses angehoben. Im Beispiel von Fig. 2 liegt somit das Potential des Emitters des Transistors Q1 auf einem höheren Potential als die Basis des Transistors Q1, so daß jeglicher

Stromfluß sicher unterbunden wird (die "Diode" Basis-Emitter sperrt). Im Ergebnis wird somit in den Ausschalphasen der PWM-Signale jeglicher Stromfluß unterbunden, so daß die Leuchtdiode LED1 sicher ausgeschaltet ist.

Selbstverständlich muß die Spannung  $V_{EIN}$  während der Einschaltphasen der PWM-Signale deutlich über dem Potential der Konstantspannungsquelle  $V_C$  liegen.

Fig. 3 zeigt eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels von Fig. 2, bei der anstelle der Konstantspannungsquelle  $V_C$  ein elektronisches Bauteil mit nichtlinearer Strom-Spannungscharakteristik, d. h. genauer gesagt, eine Diode LED2 eingesetzt wird. Allgemein wird auf der Rückkopplungsseite des Transistors ein Bauteil verwendet, das bei Nullstrom bzw. infinitesimal kleinem Strom durch die Leuchtdiode LED1 bereits ein Anheben des Potentials an der Rückkopplungsseite bewirkt. Wie in Fig. 3 gezeigt, kann dieses Bauteil eine Diode und insbesondere eine Leuchtdiode LED2 sein, die zur Steigerung der Lichterzeugung der LED-Anordnung dient. Diese weitere Leuchtdiode LED2 auf der Rückkopplungsseite des Transistors kann als vollständiger bzw. wie in Fig. 3 gezeigt, teilweiser Ersatz des Stromdetektor-Widerstands R3 in der Konstantstromquelle dienen. Die zweite LED2 auf der Rückkopplungsseite des Transistors Q1 stellt sozusagen eine Stromdetektor-Leuchtdiode dar.

Durch dieses Bauteil, das bei Nullstrom oder sehr kleinem Strom einen Spannungsanhub auf der Rückkopplungsseite bewirkt, wird der Stromfluss durch die Leuchtdiode LED1 in den Ausschalphasen sicher unterdrückt.

Neben der Spannungsquelle und der Diode kommt jedes Bauteil in Frage, das im Bereich geringer Ströme einen sehr großen Widerstandswert aufweist.

Gemäß dem Aspekt der Erfindung, wie er in Fig. 2 und 3 dargestellt wird, werden Restströme durch die LED1 verhindert, die bei Konstantstromquellen KSQ mit Operationsverstärker OP in den Ausschalphasen  $T_{off}$  der steuernden PWM-Signale, die zum Dimmen der LED-Arrays variiert werden, bedingt durch Offsetspannungen des Operationsverstärkers OP auftreten. Gerade in unteren Dimmbereichen behindern die LED-Restströme die Realisierung niedriger Dimmstufen. Zur Reduktion dieser Ströme wird gemäß der Erfindung das Emittier- bzw. Source-Potential des Bipolar- bzw. MOS-FET-Transistors mittels einer Spannungsquelle soweit angehoben, daß die Offsetspannungen des Operationsverstärkers während der Ausschalphase  $T_{off}$  kompensiert bzw. überkompensiert werden.

Fig. 4 zeigt einen weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung. Dabei wird wiederum von dem in Fig. 5 dargestellten Stand der Technik ausgegangen, und insoweit sich die Bauteile gleichen, wird auf die eingehende Beschreibung von Fig. 5 verwiesen. In Fig. 4 ist bei einer Ansteuerschaltung mit einer Konstantstromquelle KSQ mit reiner Stromgegenkopplung (ohne Operationsverstärker OP) der Stromdetektor-Widerstand an der Rückkopplungsseite teilweise durch eine Leuchtdiode LED2 ersetzt, die einen Teil der auf der Rückkopplungsseite anfallenden Spannung in Licht umwandelt. Es wird somit die Lichtausbeute unter Verringerung der Wärmeentwicklung verbessert.

Auch wenn ein nur teilweiser Ersatz des Ohmschen Widerstandes R2 hinsichtlich der Linearität der Rückkopplungsschleife vorteilhaft ist, kann der Stromdetektor-Widerstand R2 in der Rückkopplungsschleife alternativ auch vollständig durch die LED2 ersetzt werden.

Es bietet sich bei den Ausführungsbeispielen von Fig. 3 bzw. Fig. 4 an, als Leuchtdiode LED2 in der Rückkopplungsschleife eine rote Leuchtdiode zu verwenden, da die Flußspannung, d. h. der notwendige Spannungsabfall an der Diode, der minimal für eine Aussendung von Licht durch die Leuchtdiode notwendig ist, bei roten Leuchtdioden nied-

riger ist als bei grünen oder blauen bzw. weißen.

Erfindungsgemäß werden also bei Ansteuerschaltungen für LED's mit Konstantstromquellen auf der Rückkopplungsseite des Transistors der Konstantstromquelle Verbesserungen vorgenommen.

5

#### Patentansprüche

1. Ansteuerschaltung für wenigstens eine Leuchtdiode (LED1), aufweisend eine Konstantstromquelle (KSQ) 10  
geschaltet ist, die einen Operationsverstärker (OP) aufweist, dessen Ausgang mit dem Steueranschluß eines Transistors (Q1) verbunden ist, wobei die Leuchtdiode (LED1) mit einem ersten ausgangsseitigen Anschluss des Transistors (Q1) in Serie geschaltet ist und ein 15  
zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors (Q1) zu dem invertierenden Eingang des Operationsverstärker (OP) zurückgekoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Rückkopplungsseite des Transistors (Q1) ein Bauteil (Vc, LED2) vorgesehen ist, daß das Potential der Rückkopplungsseite des Transistors (Q1) wenigstens um den Wert einer Offsetspannung des Operationsverstärkers (OP) anhebt, wenn durch die Leuchtdiode (LED1) kein bzw. nur ein infinitesimaler Strom fließt. 25
2. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil eine Spannungsquelle (Vc) ist.
3. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil eine weitere Diode 30 (LED2) ist.
4. Ansteuerschaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Diode eine Leuchtdiode (LED2).
5. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil in 35  
Serie mit einem Ohmschen Widerstand (R3) geschaltet ist.
6. Ansteuerschaltung für eine Leuchtdiode, aufweisend eine Konstantstromquelle mit einem Transistor (Q1), wobei die Leuchtdiode (LED1) in Serie zu einem 40  
ersten ausgangsseitigen Anschluss des Transistors (Q1) geschaltet ist und ein zweiter ausgangsseitiger Anschluß des Transistors (Q1) zu dem Steueranschluß des Transistors (Q1) zurückgekoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Rückkopplungsseite des Transistors (Q1) eine weitere Leuchtdiode (LED2) vorgesehen ist. 45
7. Ansteuerschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Leuchtdiode (LED2) in Serie zu einem Ohmschen Widerstand (R2) geschaltet 50  
ist.
8. Ansteuerschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Leuchtdiode eine rote Leuchtdiode (LED2) ist.
9. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden 55  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Transistor ein Bipolartransistor (Q1) ist.
10. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an dem Steueranschluß des Transistors (Q1) Impulsbreitenmodulierte (PWM) Spannungssignale angelegt sind. 60

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

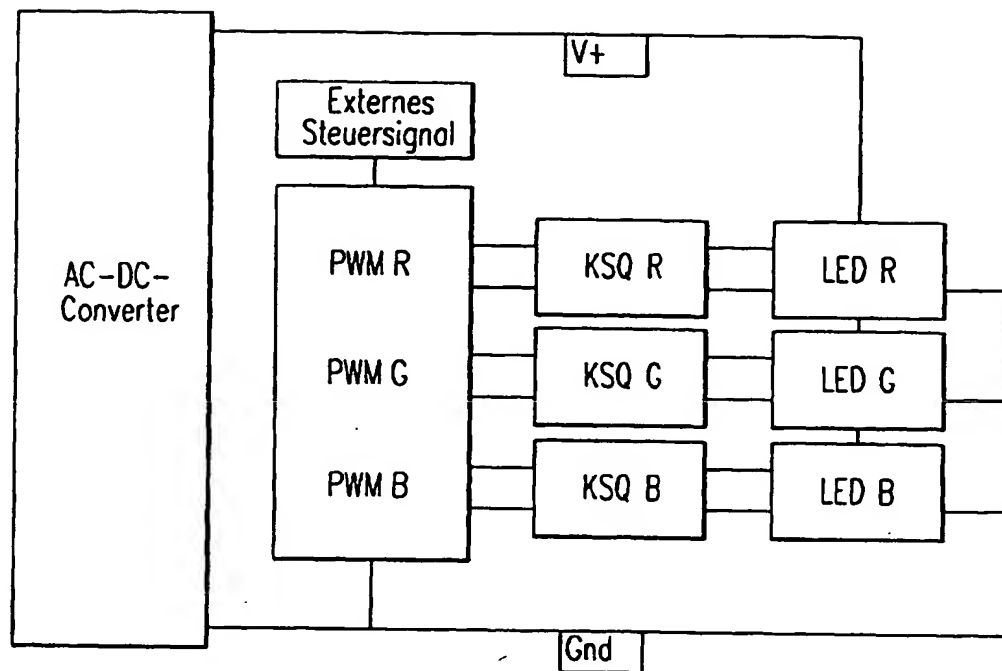


Fig. 1

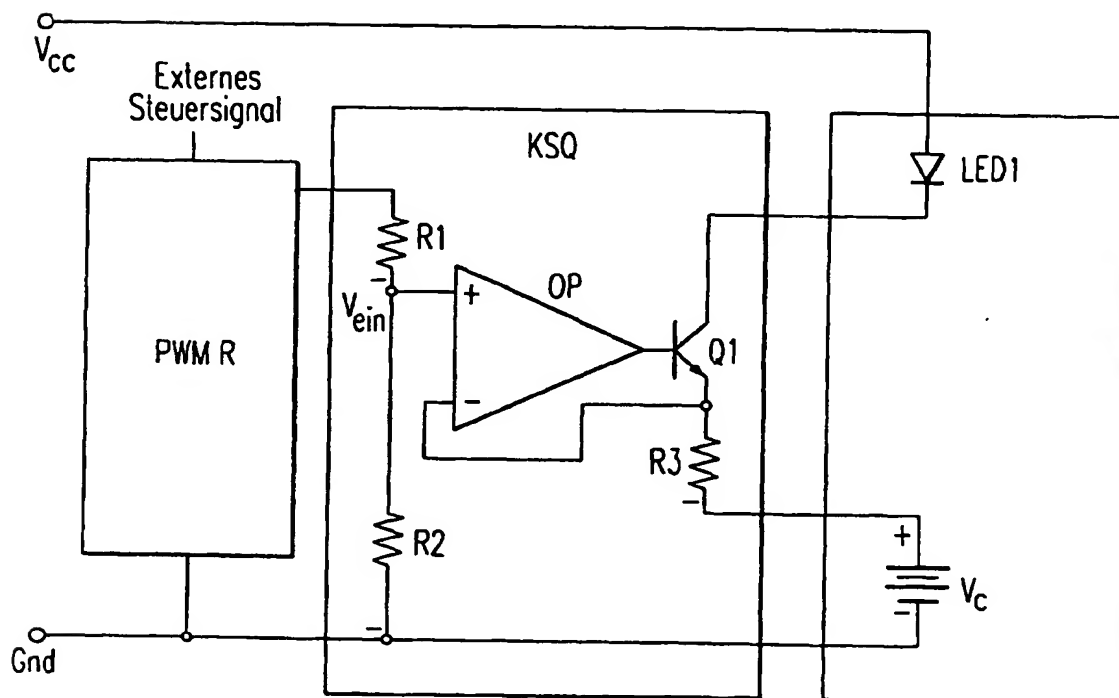


Fig. 2

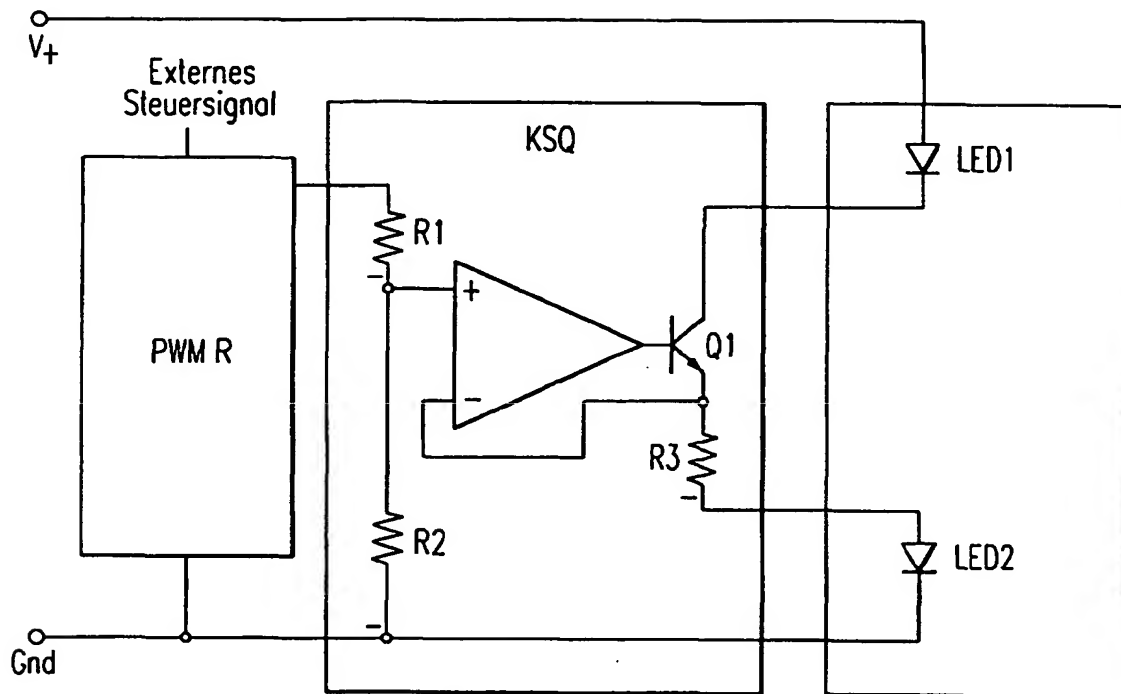


Fig. 3

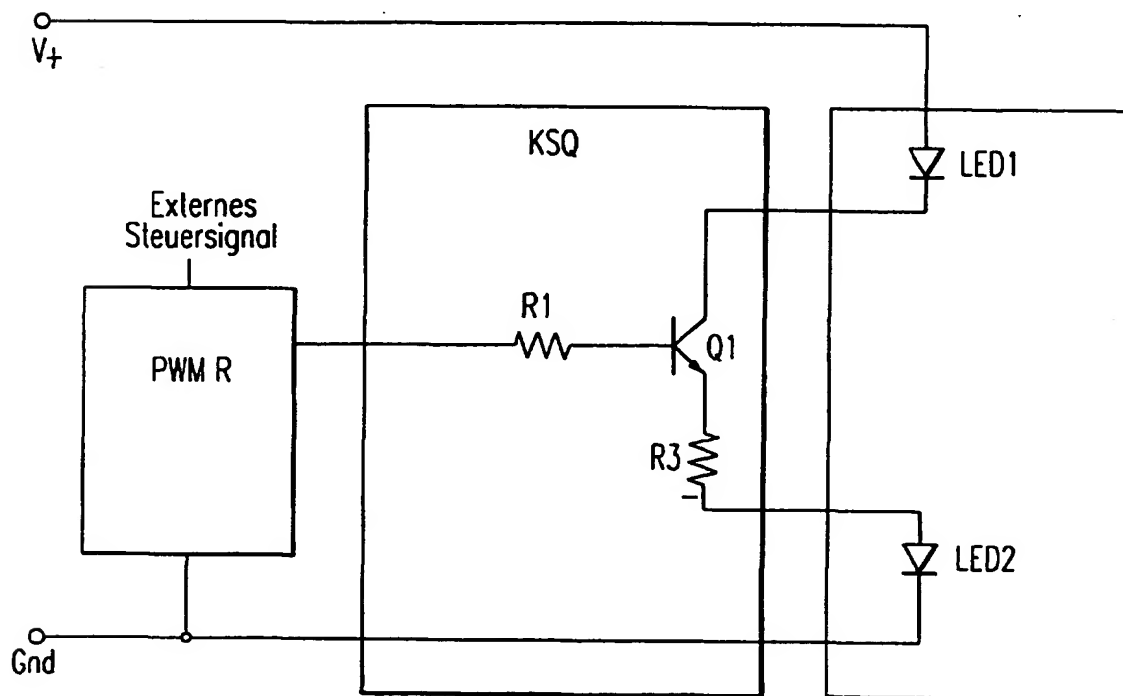


Fig. 4

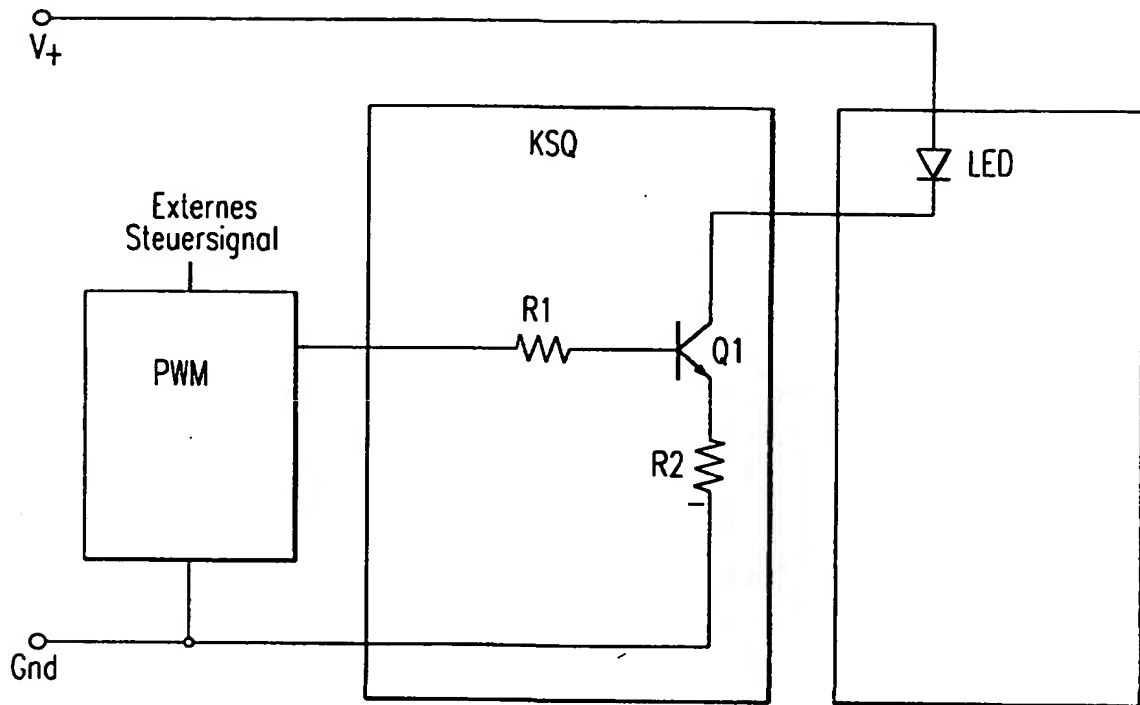


Fig. 5  
Stand der Technik